

⑯

Int. Cl. 2:

⑯ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



G 01 R 11/00

- ⑯
- ⑯
- ⑯
- ⑯

## Offenlegungsschrift 26 30 959

Aktenzeichen: P 26 30 959.1-35  
Anmeldetag: 7. 7. 76  
Offenlegungstag: 12. 1. 78

⑯ Unionspriorität:  
⑯ ⑯ ⑯

---

⑯ Bezeichnung: Kilowattstundenzähler mit statischem Meßwerk  
⑯ Anmelder: Heliowatt Werke Elektrizitäts-Gesellschaft mbH, 1000 Berlin  
⑯ Erfinder: Seibt, Artur, Dr.-Ing.; Viaene, Omer; 1000 Berlin

---

Prüfungsantrag gem. § 28b PatG ist gestellt

DK 26 30 959 A 1

2630959

Patentansprüche:

1) Kilowattstundenzähler mit statischem Meßwerk, insbesondere für Drehstromnetze mit Vorrichtungen zum Anpassen der Eingangsgrößen an die von der Elektronik verarbeitbaren Pegel mit einer Stromversorgung für die elektronischen Bauelemente und mit einer Anzeigevorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßwerk (Fig. 2,3) aus einem einkanaligen Multiplexer (M) mit acht Eingängen, einem Analog-/Digital-Wandler (AD) und einem Computer (MC) besteht, bei dem ein Eingang des Multiplexers (M) an Nullpotential, ein anderer Eingang an ein Referenzpotential ( $U_{ref}$ ), drei Eingänge mit den Eingangsspannungsgrößen ( $U_R$ ,  $U_S$ ,  $U_T$ ) und drei Eingänge mit den Eingangstromgrößen ( $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$ ) verbunden sind, daß zur Ermittlung und Speicherung eines Nullpunktfehlerwertes durch den Computer (MC) von dem Multiplexer (M) in ausreichenden Abständen das Nullpotential sowie zum Ermitteln und Speichern eines Eichungsfehlers das Referenzpotential ( $U_{ref}$ ) an den Analog-/Digital-Wandler (AD) geschaltet wird, daß der Computer (MC) alle ihm über den Multiplexer (M) und den Analog-/Digital-Wandler (AD) in digitaler Form zugeführten Eingangsgrößen vor der Weiterverarbeitung mit dem gespeicherten Nullpunktfehlerwert vorzeichenrichtig beaufschlagt und mit dem dem Eichungsfehler entsprechenden gespeicherten Korrekturfaktor verknüpft, daß der Multiplexer (M), vom Computer (MC) gesteuert, die Eingangsgrößen in vorgegebener Reihenfolge über den Analog-/Digital-Wandler (AD) dem Computer (MC) zuführt, daß dieser eine vorgegebene Anzahl von Abtastwerten der Eingangsgrößen speichert, daß der Computer (MC) zur Ermittlung der Augenblicksleistung aus den gespeicherten Abtastwerten mit Hilfe linearer Inter- oder Extrapolation vor oder nach Ausführung der Multiplikation den durch die zeitlich nacheinander erfolgende Abtastung zusammengehöriger Eingangsgrößen entstandenen Fehler kompensiert, daß die ermittelten Augenblicksleistungen der einzelnen Phasen summiert, mit einer Referenzfrequenz ( $f_{ref}$ ) verknüpft und eine der verbrauchten Energie entsprechende Information einem nichtflüchtigen Speicher mit Anzeigevorrichtung oder einer speichernden Anzeige zugeführt wird, daß die Istabweichungen von den Sollwerten der nicht von der automatischen Nullpunkt- und Eichungskorrektur erfaßten Teile des Zählers sowie der Referenzspannungsquelle ( $U_{ref}$ ) ermittelt und entsprechende Korrekturwerte in einem elektrisch programmierbaren Speicher gespeichert und vom Computer (MC) bei der Berechnung des Energieverbrauchs berücksichtigt werden.

- 2) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Taktfrequenz des Computers von einem Quarz oder über eine Phasenregelschleife (PLL) aus der Netzfrequenz abgeleitet ist.
- 3) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 und Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Taktfrequenz des Computers als Referenzfrequenz für die Integration verwendet wird.
- 4) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Multiplexfrequenz mit der Netzfrequenz synchronisiert ist.
- 5) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Multiplexfrequenz gegenüber der Netzfrequenz frei läuft bzw. zusätzlich frequenzmoduliert wird.
- 6) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Multiplexfrequenz über das Programm von der Taktfrequenz des Computers abgeleitet ist.
- 7) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßwerk (Fig. 1) aus einem zweikanaligen Multiplexer (M) mit je fünf Eingängen, zwei Analog-/Digital-Wandlern ( $AD_1$ ,  $AD_2$ ) und einem Computer (MC) besteht, bei dem einer der jeweils fünf Eingänge an Nullpotential, ein zweiter der jeweils fünf Eingänge an ein Referenzpotential und die Eingangsgrößen  $U_R$ ,  $U_S$ ,  $U_T$  den verbleibenden drei Eingängen des einen, und die Eingangsgrößen  $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$  den verbleibenden drei Eingängen des anderen Multiplexers (M) zugeführt und über die beiden Analog-/Digital-Wandler ( $AD_1$ ,  $AD_2$ ) dem Computer (MC) in digitaler Form übermittelt werden.
- 8) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Computer (MC) zur Integration der Augenblicksleistung durch Programmsteuerung jeweils eine der jeweiligen Augenblicksleistung entsprechende Zahl von Perioden einer Referenzfrequenz ( $f_{ref}$ ) abzählt und diese der speichernden Anzeigevorrichtung zuführt.

- 9) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweils errechnete Augenblicksleistung zum Einstellen eines programmierbaren Frequenzteilers bzw. -vervielfachers verwendet wird, der Impulse einer Referenzfrequenz ( $f_{ref}$ ) teilt bzw. vervielfacht und daß die so erhaltenen Zählimpulse als Maß für die verbrauchte Energie der speichernden Anzeige zugeführt werden.
- 10) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Taktfrequenz des Computers als Referenzfrequenz verwendet und daß die für die Integration benötigte Zeitvorgabe in an sich bekannter Weise durch eine Programmschleife oder durch einen auf dem Computerschaltkreis integrierten Zeitgeber erzeugt wird.
- 11) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kompensation der Zeitverzögerung bei einkanaliger Abtastung und Analog-/Digital-Wandlung der jeweils zeitlich später abgetastete Wert eines Spannungs-Strom-Paars mit Hilfe eines analogen Verzögerungsgliedes entsprechend verzögert ist.
- 12) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß bei einkanaligem Multiplexen im Augenblick der Abtastung einer Größe der zugehörige Augenblickswert der zum Spannungs-Strom-Paar gehörenden Größe analog zwischengespeichert und anschließend dem Analog-/Digital-Wandler (AD) zugeführt ist.
- 13) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ermittlung des Abtastwertes einer Größe, der zeitlich zu dem Abtastwert der anderen Größe eines Spannungs-Strom-Paars gehört und der wegen des einkanaligen Multiplexens nicht gleichzeitig abfragbar ist, der Computer aus mindestens zwei Abtastwerten der einen Größe durch Inter- oder Extrapolation den fehlenden Wert errechnet.

14) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem einphasigen Energiezähler der einkanalige Multiplexer vom Computer gesteuert alternierend die Eingangsgrößen Spannung und Strom sowie in ausreichenden zeitlichen Abständen ebenfalls Nullpotential sowie eine Referenzspannung abtastet und daß der Computer aufgrund des ihm eingegebenen Programms stets die beiden zuletzt abgetasteten Werte gespeichert hält, daß er bei jeder einzelnen Abtastung aus dem soeben erhaltenen und dem im Speicher verfügbaren früheren Abtastwert derselben Größe einen interpolierten Wert berechnet und diesen mit dem im Speicher verfügbaren Wert der anderen Größe zur Ermittlung der Augenblicksleistung multipliziert, so daß abwechselnd Interpolationswerte für die Spannung und den Strom errechnet und mit dem momentanen Wert der anderen Größe multipliziert werden.

15) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem einphasigen Energiezähler der einkanalige Multiplexer vom Computer gesteuert alternierend die Eingangsgrößen Spannung und Strom sowie in ausreichenden zeitlichen Abständen Nullpotential und eine Referenzspannung abtastet, daß der Computer aus jeweils zwei aufeinanderfolgenden Abtastwerten der einen Größe durch Interpolation den Mittelwert errechnet und diesen jeweils mit dem zeitlich dazwischenliegenden Abtastwert der anderen Größe multipliziert.

16) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem einphasigen Energiezähler der einkanalige Multiplexer vom Computer gesteuert alternierend die Eingangsgrößen Spannung und Strom sowie in ausreichenden zeitlichen Abständen Nullpotential und eine Referenzspannung abtastet, daß der Computer fortlaufend jeweils zwei zeitlich aufeinanderfolgende Abtastwerte beider Größen miteinander multipliziert und die Teilprodukte summiert.

17) Kilowattstundenzähler nach den vorgenannten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem mehrphasigen Energiezähler der einkanalige Multiplexer vom Computer gesteuert die Spannungen und Ströme der Phasen sowie in ausreichenden zeitlichen Abständen Nullpotential und eine Referenzspannung abtastet, wobei die Eingangsgrößen wie folgt nacheinander abgetastet werden:

$$U_R - I_R - U_R - U_S - I_S - U_S - U_T - I_T - U_T$$

18) Kilowattstundenzähler nach den vorgenannten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem mehrphasigen Energiezähler der einkanalige Multiplexer vom Computer gesteuert die Spannungen und Ströme der Phasen sowie in ausreichenden zeitlichen Abständen Nullpotential und eine Referenzspannung abtastet, wobei die Eingangsgrößen wie folgt nacheinander abgetastet werden:

$U_R - I_R - U_R - I_S - U_S - I_S - U_T - I_T - U_T - I_T - I_R - U_R - I_R - U_S - I_S - U_S - I_T - U_T - I_T$

19) Kilowattstundenzähler nach den vorgenannten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem mehrphasigen Energiezähler der einkanalige Multiplexer vom Computer gesteuert die Spannungen und Ströme der Phasen sowie in ausreichenden zeitlichen Abständen Nullpotential und eine Referenzspannung abtastet, wobei die Eingangsgrößen wie folgt nacheinander abgetastet werden:

$U_R - U_S - U_T - I_R - I_S - I_T$

20) Kilowattstundenzähler nach den vorgenannten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem mehrphasigen Energiezähler der einkanalige Multiplexer vom Computer gesteuert die Spannungen und Ströme der Phasen sowie in ausreichenden zeitlichen Abständen Nullpotential und eine Referenzspannung abtastet, wobei die Eingangsgrößen wie folgt nacheinander abgetastet werden:

$U_R - I_S - U_T - I_R - U_S - I_T$

21) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß alle über den Multiplexer dem Analog-/Digital-Wandler zugeführten Signale in Spannungen umgeformt sind, sofern sie nicht bereits als Spannungen vorliegen.

22) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die über den Multiplexer dem Analog-/Digital-Wandler zugeführten Signale in Ströme umgeformt sind, sofern sie nicht bereits als Ströme vorliegen.

23) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Umsetzer-Kennlinie des Analog-/Digital-Wandlers so gestuft ist, daß der auf den jeweiligen Meßwert bezogene relative Meßfehler unabhängig von der Aussteuerung konstant bleibt und daß der Computer die Umsetzer-Kennlinie des Analog-/Digital-Wandlers bei der Weiterverarbeitung der von diesem angelieferten Werte berücksichtigt.

24) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Analog-/Digital-Wandler eine logarithmisch gestufte Umsetzer-Kennlinie aufweist und daß der Computer diese bei der Weiterverarbeitung der von dem Analog-/Digital-Wandler angelieferten Zahlenwerte berücksichtigt.

25) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Analog-/Digital-Wandler eine binär gestufte Umsetzer-Kennlinie aufweist und daß der Computer diese bei der Weiterverarbeitung der von dem Analog-/Digital-Wandler angelieferten Zahlenwerte berücksichtigt.

26) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der vom Computer gesteuerte Analog-/Digital-Wandler zusätzlich zum Multiplexbetrieb als mitlaufender Analog-/Digital-Wandler ausgebildet ist und der Analog-/Digital-Wandler bereits vor Beginn der Abtastung einer bestimmten Größe schon auf den vorherigen Abtastwert derselben Größe eingestellt ist, so daß der Komparator des Analog-/Digital-Wandlers nur noch die Differenz zwischen dem neuen und dem alten Abtastwert zu verarbeiten braucht.

27) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Berechnung der Augenblicksleistung der Computer nicht jeweils die vollen Abtastwerte von Spannung und Strom, sondern nur den vorherigen gespeicherten Wert mit der Strom- bzw. Spannungsdifferenz multipliziert.

28) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß zur Berechnung der Augenblicksleistung ein Parallel-Multiplizierwerk eingesetzt wird.

29) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Analog-/Digital-Wandler und evtl. auch der Multiplexer zusammen mit dem Computer auf einem einzigen Halbleiterkristall integriert ist, und daß an diesen Schaltkreis neben der Stromversorgung lediglich noch die sechs pegelangepaßten Eingangsgrößen sowie die Anzeigevorrichtung für den Energieverbrauch anzuschließen sind.

30) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß elektronisch fehlerkompensierte Stromwandler verwendet werden und daß der Computer so programmiert ist, daß er aus den vom Analog-/Digital-Wandler angelieferten Werten einen darin enthaltenen fehlerhaften Offset-Gleichanteil, der vom Hilfsverstärker des Stromwandlers herröhrt, bei der Berechnung der Augenblicksleistung eliminiert.

31) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Computer so programmiert ist, daß er bei verzerrten Eingangssignalen nur jeweils die Grundwelle bei der Berechnung der Augenblicksleistung berücksichtigt.

32) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Computer zum Zwecke des Berechnens der Grundwelle bei einem verzerrten Eingangssignal eine Fourier-Transformation (FFT) durchführt.

33) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Computer so programmiert ist, daß er Sprünge in den Abtastwerten, die eine vorgegebene Höhe übersteigen, als Störungen bewertet und daß er entweder den überschießenden Teil subtrahiert oder solche gestörten Abtastwerte verwirft.

34) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß der Computer so programmiert ist, daß er eine gleitende Mittelwertbildung bei der Berechnung der Augenblicksleistung bzw. der Energie vornimmt.

35) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiezähler bzw. der Computerschaltkreis selbst einen elektrisch programmierbaren Speicher enthält, dessen Inhalt auch bei Ausfall der Versorgungsspannung erhalten bleibt.

36) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiezähler bzw. der Computerschaltkreis selbst einen elektrisch schreib- und auslesbaren nichtflüchtigen Speicher (z.B. MNOS-Speicher) enthält und daß dieser Speicher in ausreichenden zeitlichen Abständen wieder aufgefrischt wird, um zu gewährleisten, daß die dort einmal gespeicherten Daten erhalten bleiben.

37) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der kumulierte Zählerstand (Energieverbrauch) bei Ausfall der Netzversorgung in einem nichtflüchtigen Speicher abgespeichert wird.

38) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiezähler eine elektronische Anzeigevorrichtung enthält, die vom Computer gesteuert wird.

39) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiezähler eine speichernde Anzeigevorrichtung enthält.

40) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiezähler einen geschützten Anschluß für ein (z.B. tragbares) Prüfgerät aufweist, mit dessen Hilfe in kürzester Zeit der Zähler geprüft werden kann.

41) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiezähler über einen weiteren oder den geschützten Anschluß seinen Zählerstand mit einer Zählerkennung ausgibt.

42) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgabe des Zählerstandes mit einer Zählerprüfung kombiniert ist.

43) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß der in dem Energiezähler enthaltene Computer neben der reinen Energieberechnung zusätzlich eine oder mehrere solcher Aufgaben übernimmt, wie sie bisher bei Energiezählern mit Zusatzgeräten üblich sind (Maximumzähler, Überverbrauchszähler, Festmengenzähler, Grenzwertkontakte usw.)

44) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß der Computer des Energiezählers bei der Übernahme der Aufgaben eines Rundsteuerempfängers so programmiert ist, daß er mit bekannten Methoden der digitalen Filterung nicht nur das Dekodieren der Rundsteuerbefehle, sondern auch das Ausfiltern der Rundsteuerimpulse nach entsprechender Pegelanpassung und Signalaufbereitung vornimmt.

45) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Übernahme der Aufgaben eines Rundsteuerempfängers die Programmierung des Rundsteuerempfängers im nichtflüchtigen Speicher des Zählers bzw. Computers enthalten ist.

46) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Übernahme der Aufgaben eines Rundsteuerempfängers durch den Computer des Energiezählers der Energiezähler auch für den Energiekunden bestimmte Signale ausgibt.

47) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiezähler bzw. der in ihm enthaltene Computerschaltkreis selbst einen elektrisch programmierbaren bzw. beliebig oft neu programmierbaren Speicher enthält, in dem Korrekturwerte bzw. Korrekturkurven für alle Bauelemente des Zählers enthalten sind, die nicht von der automatischen Nullpunkt- und Eichungskorrektur erfaßt werden, deren Eigenschaften bzw. Werte jedoch in die Messung eingehen, und daß der Computer so programmiert ist, daß er bei der Berechnung des Energieverbrauchs die jeweiligen Korrekturwerte bzw. -kurven berücksichtigt (z.B.: Teilungsfaktoren der Eingangsspannungsteiler, Beträge und Fehlwinkel der Stromwandlerübersetzungsverhältnisse, Referenzspannung, Referenzfrequenz).

48) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiezähler keinerlei Abgleich- oder Einstellelemente enthält, daß die Abweichungen der noch in das Meßergebnis eingehenden Bauelemente von ihren Sollwerten jeweils ermittelt und entsprechende Korrekturwerte bzw. -kurven in den elektrisch programmierbaren Speicher des Zählers bzw. Computerschaltkreises gespeichert werden, und daß der Computer bei der Energieberechnung die jeweiligen Korrekturwerte bzw. -kurven berücksichtigt.

49) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ermittlung der Abweichungen der in das Meßergebnis noch eingehenden Bauelemente von den Sollwerten der im Zähler vorhandene Multiplexer und der vorhandene Analog-/Digital-Wandler mitbenutzt werden, indem an den Zähler geeignete Eingangssignale gelegt und die Istwerte am Ausgang des Analog-/Digital-Wandlers oder an einem geeigneten Ausgang des Computers in digitaler Form abgegriffen werden, so daß alle über der Aussteuerung so gemessenen Kurven bzw. Korrekturkurven die individuellen Abweichungen sowohl des Multiplexers wie des Analog-/Digital-Wandlers von der Soll-Umsetzer-Kennlinie zwischen 0 % und 100 % des Meßbereichs enthalten, wodurch bei entsprechender Zahl von Meßpunkten pro Korrekturkurve jede Abweichung der Umsetzer-Kennlinie von ihrem Sollverlauf (linear, logarithmisch, binär usw.) bis auf einen beliebig kleinen Restfehler kompensiert ist.

50) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden einzelnen Stromwandler eine Korrekturkurve für den Betrag und eine Korrekturkurve für den Fehlwinkel ermittelt, gespeichert und bei der Errechnung berücksichtigt wird.

51) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 50, dadurch gekennzeichnet, daß generische oder individuelle Temperaturkoeffizienten bzw. Temperaturkurven der noch in das Meßergebnis eingehenden Bauelemente im Festwertspeicher (ROM) oder im programmierbaren Festwertspeicher (PROM) oder im elektrisch änderbaren Festwertspeicher (EaROM) des Zählers bzw. Computerschaltkreises gespeichert sind, daß der Zähler einen Temperaturfühler enthält, daß das Eingangssignal dieses Temperaturfühlers z.B. unter Mitbenutzung des vorhandenen Multiplexers und Analog-/Digital-Wandlers dem Computer zugeführt wird, und daß der Computer bei der Berechnung des Energieverbrauchs die gemessene Betriebstemperatur und die gespeicherten Temperaturabhängigkeiten mit berücksichtigt.

52) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß generische oder individuelle Alterungsraten der noch in das Meßergebnis eingehenden Bauelemente im Festwertspeicher (ROM) oder im programmierbaren Festwertspeicher (PROM) oder im elektrisch änderbaren Festwertspeicher (EaROM) des Zählers bzw. Computerschaltkreises gespeichert sind, daß der Zähler eine frei laufende oder von einer Referenzfrequenz abgeleitete Zeitbasis besitzt, und daß der Computer bei der Berechnung des Energieverbrauchs die Alterungsraten und den gegenwärtigen Stand der Zeitbasis mit berücksichtigt.

53) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, daß der Computer so programmiert ist, daß bei einer Nachkontrolle des Zählers durch die inzwischen eingetretene Bauelementalterung sich ergebende neue Korrekturwerte bzw. -kurven in den Speicher eingeschrieben werden.

54) Kilowattstundenzähler nach Anspruch 1 bis Anspruch 53, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrisch programmierbare Speicher des Zählers bzw. Computerschaltkreises zusätzlich eine Zählerkennung enthält, die aus einer Seriennummer und evtl. einem Datencode und einem Prüfcode besteht.

v

Kilowattstundenzähler mit statischem Meßwerk

Die Erfindung betrifft einen Kilowattstundenzähler mit statischem Meßwerk, insbesondere für Drehstromnetze mit Spannungsteilern und Stromwandlern zur Pegelangpassung, mit einer Stromversorgung für die elektronischen Bauelemente und mit einer Anzeigeeinrichtung.

Bekannte derzeitig verwendete Kilowattstundenzähler mit statischen Meßwerken arbeiten mit analogen Signalverarbeitungsmethoden, vorzugsweise nach dem time-division-Verfahren mit anschließender Strom-Frequenz-Umsetzung. Für einen wirtschaftlichen Drehstromzähler sind diese Verfahren ungeeignet, da bei analoger Signalverarbeitung genaue und damit teure Bauelemente verwendet werden müssen, deren zeitliche Inkonstanz das Meßergebnis zusätzlich verfälscht.

Die Energieversorgungsunternehmen erwarten, daß ein Kilowattstundenzähler viele Jahre hindurch unkontrolliert im Netz belassen werden kann und daß ein solches Gerät zwanzig bis dreißig Jahre funktionsfähig bleibt.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Drehstromzähler mit statischem Meßwerk zu schaffen, der sowohl die Anforderungen an die Meßgenauigkeit und deren Langzeitkonstanz als auch an die Zuverlässigkeit bei geringen Herstellungskosten erfüllt.

Diese Aufgabe ist durch die Erfindung gelöst, wie sie in den kennzeichnenden Teilen der Patentansprüche dargestellt ist. Sie beruht im wesentlichen darauf, daß die Meßwertverarbeitung soweit wie möglich digital, damit fehler- und driftfrei, erfolgt, daß durch eine automatische Nullpunkt- und Eichungskorrektur der Einfluß der Bauelemente bzw. Schaltungsteile des Zählers, die die Meßgrößen analog verarbeiten, auf das Meßergebnis bis auf einen restlichen Linearitätsfehler eliminiert wird, daß ein Multiplexverfahren und als wesentliches Kennzeichen der Erfindung ein Mikrocomputer für die Steuerung und die Meßwertverarbeitung, dem ein oder zwei Analog-/Digital-Wandler vorgesetzt sind, angewendet werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert, die aus 5 Figuren besteht. Dabei zeigt die Fig. 1 ein zweikanaliges Multiplexsystem, die Fig. 2 ein einkanaliges Multiplexsystem, die Fig. 3 ein einkanaliges Multiplexsystem, bei dem sämtliche Eingangsgrößen als Stromsignale vorliegen, die Fig. 4 eine Übersicht der Signalabtastmöglichkeiten zur Berechnung der Augenblicksleistung, und die Fig. 5 die Abtastfolge einer Spannung und eines Stromes zur Bildung der Augenblicksleistung.

Da ein Computer nur Digitalwerte verarbeiten kann, müssen zunächst die drei Spannungs-/Strom-Paare der drei Phasen des Drehstromnetzes in entsprechende Digitalwerte umgesetzt werden. Hierbei ist zu beachten, daß zur Erfassung der Wirkleistung die zeitliche Zuordnung der Spannung und des Stromes einer Phase erhalten bleiben muß. Zur Einhaltung vorgegebener Fehlergrenzen darf bei Drehstromzählern höchstens ein Fehler von einigen Winkelminuten auftreten; dieses entspricht bei 50 Hz einem Zeitfehler von einigen Mikrosekunden.

Verwendet man zwei Analog-/Digital-Wandler und einen zweikanaligen Multiplexer, so kann man einen Zeitfehler auf Kosten des Aufwands vermeiden (Fig. 1).

Vorteilhafterweise wird jedoch ein Analog-/Digital-Wandler und ein einkanaliger Multiplexer mit zunächst sechs Eingängen verwendet. Hierbei werden z.B. die sechs Meßgrößen in folgender Reihenfolge von dem Multiplexer an den Analog-/Digital-Wandler angelegt, nacheinander in Digitalwerte umgesetzt und dem Computer zur Weiterverarbeitung zugeführt:

$$U_R - I_R - U_S - I_S - U_T - I_T$$

Zwischen dem Abtastzeitpunkt, z.B. der Spannung  $U_R$  und dem Abtastzeitpunkt des zugehörigen Stromes  $I_R$ , tritt durch das Multiplexen ein Zeitversatz auf, dessen Betrag von der Multiplexfrequenz abhängt.

Da durch das Multiplexen jede Meßgröße abgetastet wird, bestimmt sich ihre Höhe im wesentlichen daraus, welche Harmonische noch erfaßt werden sollen. Wird

angenommen, daß höhere als die zehnte Harmonische keine Rolle mehr spielen, so würde eine Abtastfrequenz von 1 kHz ausreichen. Nimmt man 2 kHz, so benötigt man unter Einschluß des Nullungs- und des Eichungszyklus' mindestens 16 kHz  $\cong$  60  $\mu$ s. Zwischen der Abtastung einer Spannung und des zugehörigen Stromes liegt in diesem Fall eine Zeit von 60  $\mu$ s; hierdurch wird die Messung der Wirkleistung bereits unzulässig verfälscht.

Wenn der Multiplexer, der Analog-/Digital-Wandler und der Computer so schnell sind, daß sich die Multiplexfrequenz so weit erhöhen läßt, daß der verbleibende Zeitfehler vernachlässigbar wird, dann brauchen keine weiteren Maßnahmen ergriffen zu werden. Für den Computer ist die Multiplikation zweier Zahlen in wenigen Mikrosekunden problematisch; diese Forderung läßt sich praktisch nur durch Parallel-Multiplikation erfüllen.

Dies bedeutet, daß ein schnellerer Computer einzusetzen ist, der eine unnötige Versteuerung des Gerätes darstellt. Im folgenden werden daher einige Verfahren erläutert, mit denen der bei langsamer Abtastung entstehende Zeitfehler weitgehend kompensierbar ist, so daß für die Meßwertverarbeitung ein Computer mit bedeutend geringerer Leistungsfähigkeit eingesetzt werden kann.

Das erste Verfahren sieht analoge Verzögerungsglieder vor, die in die Zuleitungen zum Multiplexer bei den jeweils später abgetasteten drei Meßgrößen eingeschleift werden. Wird von dem im vorigen Beispiel angenommenen Zahlenwert von 60  $\mu$ s ausgegangen, so ist eine derartige Verzögerung schwierig herzustellen und über lange Zeiträume konstant zu halten. Bei höheren Multiplexfrequenzen, wenn der Zeitfehler ohnehin schon klein ist, erscheint dieses Verfahren jedoch durchaus brauchbar, um diesen restlichen Fehler weitgehend zu kompensieren.

Durch die Patentanmeldung P 2537549.9 ist bekannt, daß der bei einkanaligem Multiplexen unvermeidbar auftretende Zeitfehler nutzbringend zur Kompensation anderweitig im Elektronikzähler entstandener Signalverzögerungen bzw. Winkelfehler verwendbar ist, indem dafür gesorgt wird, daß Vorzeichen und Betrag beider Verzögerungen sich aufheben. Durch den Betrag wird allerdings die Multiplexfrequenz festgelegt, was u.U. anderen Forderungen widersprechen könnte.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, daß der Computer zunächst stets einige Abtastwerte speichert, bevor er sie auswertet. Diese Speicherwerte sind in vielfältigerweise zu Interpolations- bzw. Extrapolationsrechnungen zu benutzen.

Im einfachsten Fall läßt sich durch eine Änderung der Abtastreihenfolge:

$$U_R - I_R - U_R - U_S - I_S - U_S - U_T - I_T - U_T$$

eine sehr genaue Interpolationsmöglichkeit schaffen.

Der Multiplexer benötigt in diesem Fall nicht mehr Eingänge, d.h. unter Einschluß der Nullpunkt- und der Eichungskorrektur acht Eingänge. Die Anzahl der Takte pro Multiplexerzyklus wird jedoch erhöht. Der Computer kann nun aus den beiden Spannungsabtastwerten, die den zugehörigen Stromwert zeitlich gesehen beidseitig umgeben, durch lineare Interpolation den fehlenden Spannungswert errechnen und diesen dann mit dem betreffenden Stromwert zur Ermittlung der Augenblicksleistung multiplizieren.

Eine weitere Abtastreihenfolge ist:

$$U_R - U_R - I_R - U_S - U_S - I_S - U_T - U_T - I_T$$

aus der der Computer den zum Stromwert zeitlich zugehörigen Spannungswert durch Extrapolation berechnet.

Um die Erhöhung der Taktzahl pro Multiplexerzyklus zu vermeiden, läßt sich auch eine zeitlich weiter ausgreifende Interpolation realisieren. Hierbei folgen nicht mehr gleiche Multiplexerzyklen aufeinander, sondern es werden alternierend zuerst die drei Spannungen:  $U_R - U_S - U_T$  und im nächsten Multiplexerdurchlauf die drei Ströme:  $I_R - I_S - I_T$  abgetastet. Der Computer interpoliert nunmehr den zu einem Stromwert zeitlich zugehörigen Spannungswert aus den beiden Spannungswerten, die dem vorhergehenden und dem nachfolgenden Multiplexerzyklus entnommen sind. Bei ausreichend hoher Multiplexfrequenz bleibt der entstehende Interpolationsfehler ausreichend klein.

Grundsätzlich ist es gleichgültig, ob die Spannungs- oder die Stromwerte durch Interpolation ermittelt werden. Bei dem Verfahren mit Doppelabtastung der Spannungen oder der Ströme ist es jedoch zweckmäßig, die Ströme öfter abzutasten, da die Netzspannung im allgemeinen recht gut sinusförmig ist, während der Strom, z.B. durch thyristorgesteuerte Verbraucher, stark verzerrt sein kann, so daß er durch die häufigere Abtastung genauer erfaßt wird.

Bei der Interpolation ist es auch möglich, die Mittelwertbildung auf der Ebene der Augenblicksleistung vorzunehmen, d.h. z.B. bei der Abtastreihenfolge U - I - U kann man auch zunächst den ersten Spannungswert mit dem Stromwert multiplizieren, sodann den zweiten und über die beiden Produkte mitteln.

In Fig. 5 ist gezeichnet, wie - ohne Berücksichtigung des Multiplexens der drei Phasen - eine Spannung  $u(t)$  und ein zugehöriger Strom  $i(t)$  abgetastet werden. Die Anzahl der Abtastungen sei mit  $n$  bezeichnet. Die einzelnen Abtastwerte werden wie folgt miteinander multipliziert:

$$P_{ui}(t) = \frac{1}{n} (u_0 i_1 + i_1 u_2 + u_2 i_3 + \dots + i_{(n-2)} u_{(n-1)} + i_n)$$

Durch Einsetzen der Funktionswerte ergibt sich allgemein:

$$\begin{aligned} P_{ui}(t, \varphi) &= \frac{1}{n} \left\{ \sum_{v=0}^{n/2-1} \left[ \hat{u} \sin(\omega_0 \frac{2v}{n} T_M) \right] \left[ \hat{i} \sin(\frac{2v}{n} T_M + \varphi + \frac{2\pi}{n}) \right] + \right. \\ &\quad \left. + \sum_{v=1}^{n/2} \left[ \hat{u} \sin(\omega_0 \frac{2v}{n} T_m) \right] \left[ \hat{i} \sin(\omega_0 \frac{2v}{n} T_m + \varphi - \frac{2\pi}{n}) \right] \right\} \end{aligned}$$

Das Ergebnis für den relativen Meßfehler der Leistung ist:

$$f_{rel} = \left| \cos(2\pi f_0 / f_M) - 1 \right|$$

Der Fehler ist weder von der Aussteuerung noch von der Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom abhängig, sondern nur von der Anzahl der Abtastwerte pro Periode. Die Periode und die Anzahl der Abtastwerte pro Periode sind jedoch Konstanten; der Meßfehler kann daher einmalig mit eingeeicht werden und fällt

somit heraus. Für einen Meßfehler von 1 % ergeben sich mindestens 44 Abtastungen pro Periode (20 ms); dies führt auf eine Abtastfrequenz von 2,2 kHz. Es spielt dabei keine Rolle, ob die Abtastwerte von Spannung und Strom in ein und demselben Multiplexerzyklus oder in alternierenden Multiplexerzyklen gewonnen werden; für den Meßfehler ist nur der Zeitabstand maßgebend.

Bei alternierenden Zyklen reduziert sich die Anzahl der Takte in einem Abtastzyklus auf vier, wobei die Reihenfolge z.B. so aussieht:

$U_R = U_S = U_T = \text{Null}$  ---  $I_R = I_S = I_T = \text{Referenzspannung}$  ---  $U_R = U_S = U_T = \text{Null}$  ---  $I_R = I_S$  usw.

Theoretisch ist es möglich, im Augenblick des Abtastens einer Größe, z.B. einer Spannung, den zugehörigen Wert der anderen Größe, z.B. eines Stromes, analog zwischenspeichern, so daß ein zeitlich zusammengehöriges Paar zur Produktbildung zur Verfügung steht. Praktisch ist dies schwierig, da bei Kilowattstundenzählern der Meßfehler über den gesamten Meßbereich relativ zum jeweiligen Meßwert konstant bleibt, so daß auch noch sehr kleine Werte genau erfaßt werden müssen. Bereits die Einstreuung durch die Schaltimpulse würde bei Verwendung eines Analogspeichers kleine gespeicherte Werte erheblich verfälschen.

Nachdem erfindungsgemäß die bei einkanaligem Multiplexen auftretenden Probleme gelöst sind, verbleibt als Fehlerquelle hauptsächlich der Analog-/Digital-Wandler, denn die nachfolgende digitale Weiterverarbeitung durch den Computer ist als fehlerfrei anzusehen.

In jedem einzelnen - oder bei alternierenden Multiplexerzyklen z.B. in jedem zweiten Multiplexerzyklus - ist ein Nullungstakt enthalten, in dem der Eingang des Analog-/Digital-Wandlers über den Multiplexer auf Nullpotential geschaltet wird. Gibt der Analog-/Digital-Wandler einen von Null verschiedenen Digitalwert an den Computer, so stellt dieser die Abweichung fest und speichert den Wert, um anschließend jeden weiteren vom Analog-/Digital-Wandler angelieferten Digitalwert vor der Auswertung damit zu korrigieren. Wegen der raschen Folge von Nullungstakten werden auch relativ schnell verlaufende Nullpunktwanderungen des Analog-/Digital-Wandlers ausgeregelt. Somit entfällt ein Nullpunktfehler über die gesamte Lebensdauer des Gerätes.

In jedem Multiplexerzyklus - oder bei alternierenden Zyklen in jedem zweiten - wird der Eingang des Analog-/Digital-Wandlers über den Multiplexer an eine Referenzspannung geschaltet, deren Sollwert im Speicher des Computers enthalten ist. Liefert der Analog-/Digitalwandler einen von diesem Sollwert abweichenden Digitalwert, so stellt der Computer die Abweichung fest, speichert den Korrekturfaktor und korrigiert anschließend jeden angelieferten Wert, nachdem er zuvor den Nullpunktfehler berücksichtigt hatte. Damit entfällt der Eichungs- bzw. Steigungsfehler über die gesamte Lebensdauer des Gerätes.

Als Restfehler verbleibt die Linearitätsabweichung der Analog-/Digital-Wandler-Umsetzer-Kennlinie, die jedoch immer genügend klein gehalten werden kann, da sie praktisch nur von der Präzision einer Widerstandsteilerkette abhängt.

Wegen der Forderung nach konstantem relativem Meßfehler im gesamten Meßbereich ist es unzweckmäßig, mit einer linearen Analog-/Digital-Wandler-Umsetzer-Kennlinie zu arbeiten, die einen aufwendigeren Analog-/Digital-Wandler benötigt, dessen Genauigkeit bei großen Meßwerten nicht ausgenutzt würde. Erfahrungsgemäß wird deshalb eine nichtlinear gestufte Kennlinie bevorzugt, die solcherart ist, daß der relative Meßfehler an jedem Punkt der Kennlinie gleich ist. Die an sich hierfür geeignete logarithmische Stufung wird vorteilhaft durch die leichter zu realisierende binäre Stufung ersetzt. Selbstverständlich ist durch ein geeignetes Programm des Computers jede beliebige Analog-/Digital-Wandler-Umsetzer-Kennlinie zu berücksichtigen. Alle bisher aufgeführten Schaltungsteile des elektronischen Energiezählers - der Multiplexer M, der Mikrocomputer MC und der Analog-/Digital-Wandler AD - sind einschließlich der Widerstände des Analog-/Digital-Wandlers monolithisch integrierbar.

Bei einem Drehstromzähler werden z.B. Spannungsteiler und Stromwandler, etwa Ferrit-Schalenkern-Stromwandler mit oder ohne elektronische Fehlerkompensation, verwendet. Wahlweise können der Multiplexer und der Analog-/Digital-Wandler sämtliche Eingangssignale in Form von Spannungen oder von Strömen verarbeiten, wobei sich Ströme leichter über den Multiplexer durchschalten lassen; auch der Komparator des Analog-/Digital-Wandlers vergleicht vorzugsweise Ströme statt Spannungen.

In jedem Fall müssen die sechs Eingangsgrößen heruntergeteilt werden, damit sie von der Elektronik verarbeitet werden können. Bei der Fertigung eines solchen

Zählers sind demnach z.B. die Spannungsteilerverhältnisse und Bürdenwiderstände der Stromwandler auf ihre Sollwerte abzugleichen. Derartige Abgleichvorgänge erfordern teure abgleichbare Bauteile und sind besonders arbeitsintensiv.

Dieser Nachteil wird erfindungsgemäß dadurch behoben, daß grundsätzlich sämtliche Abgleicharbeiten entfallen, indem sie durch entsprechende Programmierung in einem Speicher ersetzt werden. Hierzu werden bei jedem einzelnen Gerät in einem vorzugsweise vollautomatischen Prüfvorgang die tatsächlichen Istwerte der Spannungsteilerverhältnisse, Stromwandlerübersetzungsverhältnisse (einschließlich der Bürdenwiderstände) und der Referenzspannung gemessen und entsprechende Korrekturwerte in einen dem Computer zugänglichen Speicher eingeschrieben. Zweckmäßig wird hierfür ein programmierbarer Festwertspeicher (PROM) verwendet, der in dem Computerschaltkreis enthalten ist und von der Prüfvorrichtung automatisch programmiert wird. Sofern ein wiederholt programmierbarer Festwertspeicher (RePROM) verwendet wird, lassen sich spätere Nacheichungen des Zählers wieder mit derselben Prüfapparatur durch Einprogrammieren neuer Werte bewerkstelligen.

Elektronisch fehlerkompensierte Stromwandler sind bekannt und erlauben mit kleinen Ferrit-Schalenkernen sehr genaue Stromübersetzungen. Durch den erforderlichen Hilfsverstärker weisen sie jedoch am Ausgang in der Regel eine Offset-Gleichspannung auf. Bei der Berechnung der Augenblicksleistung entsteht so lange kein Fehler, wie nur an einem Eingang des Multiplizierers ein solcher Gleichspannungsanteil anliegt; dies ist vorauszusetzen, wenn der Zähler - wie es bislang ausschließlich üblich war - von Spannungs- und Stromwandlern gespeist wird. Bei einem Einsatz mit direktem Anschluß jedoch kann bei längeren Zuleitungen und thyristorgesteuerten Verbrauchern durchaus ein Gleichanteil der Spannung entstehen, der zusammen mit dem Gleich-Offset eines elektronisch fehlerkompensierten Stromwandlers einen Meßfehler ergeben würde. Es ist deshalb zweckmäßig, wenn auf die elektronische Fehlerkompensation verzichtet wird. Stromwandler mit Ferrit-Kernen zeigen relativ große Fehler. Bei Anwendung des hier beschriebenen Verfahrens ist die automatische Prüfvorrichtung in der Lage, die zwei Fehlerkurven jedes einzelnen der drei Stromwandler in einem Zähler über den gesamten Aussteuerbereich zu messen und im programmierbaren Festwertspeicher (PROM) abzuspeichern. Der Computer wird nun jeden einzelnen vom Analog-/Digital-Wandler angelieferten Strommeßwert mit den zugehörigen Fehlerkurven bewerten. Voraussetzung für den prak-

tischen Einsatz dieses Verfahrens ist lediglich, daß die Fehlerkurven eines solchen Stromwandlers über längere Zeit und auch nach eventuellen starken Überlastungen innerhalb gegebener Toleranzen bleiben.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden temperaturabhängige Meßfehler in gleicher Weise dadurch weitgehend kompensiert, daß die bekannten und im allgemeinen wenig exemplarabhangigen Temperaturkoeffizienten der nicht von der automatischen Nullpunkt- und Eichungskorrektur erfaßten Bauelemente ebenfalls im programmierbaren Festwertspeicher (PROM) gespeichert werden, wobei noch ein geeigneter Temperaturfühler vorzusehen ist, dessen Ausgangssignal in ausreichenden zeitlichen Abständen über den Multiplexer und den Analog-/Digital-Wandler dem Computer zuzuführen ist. Bei besonders hohen Ansprüchen an die Meßgenauigkeit ist es selbstverständlich auch möglich, z.B. die Temperaturkurve der die Eichung bestimmenden Referenzspannungsquelle bei jedem Einzellexemplar automatisch zu messen und im programmierbaren Festwertspeicher (PROM) abzuspeichern.

Bei der langen Einsatzdauer der Zähler sind die alterungsbedingten Driften der nicht von der Nullpunkt- und Eichungskorrektur erfaßten Bauelemente von Bedeutung. Es handelt sich hier hauptsächlich um die Eingangsspannungsteiler, die Stromwandler und die Referenzspannungsquelle. Bei einer gut beherrschten Fertigung sind die Alterungsraten bekannt und könnten ebenfalls im nicht änderbaren Festwertspeicher (ROM) oder programmierbaren Festwertspeicher (PROM) des Computers eingespeichert sein. Da Energierzähler in den meisten Fällen mit einer Netzversorgung für die Elektronik arbeiten, läßt sich aus der Netzfrequenz leicht eine Zeitbasis ableiten, die bei dem erwähnten vollautomatischen Prüfvorgang auf Null gesetzt wird. Der Computer berücksichtigt bei der Berechnung der Energie den jeweiligen Stand der Zeitbasis und die Alterungsraten zur weitgehenden Kompensation alterungsbedingter Einflüsse.

Der Analog-/Digital-Wandler muß bei einem Energierzähler - insbesondere bei einem Drehstromzähler - einen sehr großen Dynamikbereich verarbeiten. Da sein Eingang von dem Multiplexer ständig auf andere Eingangsgrößen umgeschaltet wird, kann sein Eingangssignal von einer Abtastung zur nächsten, z.B. von dem max. negativen auf den max. positiven Wert, springen. Diese großen Signalsprünge stellen hohe Anforderungen an den Komparator des Analog-/Digital-Wandlers. Der Komparator

27

2630959

braucht nach jeder Übersteuerung eine bestimmte Erholungszeit. Kritisch ist die exakte Erfassung eines von einem Maximalwert auf einen nahe bei Null springenden Signalwerts. Der bekannte mitlaufende Analog-/Digital-Wandler vermeidet dieses Problem, indem das Komparatoreingangssignal jeweils nur der Differenz zwischen zwei Abtastungen entspricht.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist auch das Prinzip des mitlaufenden Analog-/Digital-Wandlers anwendbar. Bei jeder Abtastung einer Eingangsgröße wird ohnehin, wie beschrieben, der Abtastwert im Computer zum Zwecke der Interpolation gespeichert. Nach jeder Abtastung setzt der Analog-/Digital-Wandler den Analogwert in einen Digitalwert um, den der Computer übernimmt. Danach ist der Analog-/Digital-Wandler wieder frei und kann nun schon vor Beginn der nächsten Abtastung vom Computer auf den letzten Abtastwert der jetzt abzutastenden Eingangsgröße voreingestellt werden. Der Komparator erhält wieder nur die Differenz zweier aufeinanderfolgender Abtastwerte zugeführt. Das Voreinstellen des Analog-/Digital-Wandlers und das Aufschalten der zu messenden Eingangsgröße sind zeitlich so aufeinander abzustimmen, daß eine Komparatorübersteuerung so klein wie möglich gehalten wird.

Wie bereits erwähnt, ist es vorteilhaft, die Eingangsgrößen als Ströme anzuliefern und einen Stromkomparator vorzusehen.

Gegenüber dem üblichen Ferraris-Zähler ist das hier beschriebene Meßverfahren aufgrund seiner Schnelligkeit anfällig gegen Störimpulse. Um das Verhalten des elektronischen Energierzählers dem des Ferraris-Zählers anzunähern, wird erfindungsgemäß der Computer so programmiert, daß die Sprünge zwischen zwei Abtastungen in ihrer Höhe begrenzt sind und daß größere Sprünge als Störimpulse gewertet werden. Dabei sind entweder derartige als gestört erkannte Abtastwerte ganz zu unterdrücken, oder es wird der den programmierten Maximalwert übersteigende Teil subtrahiert. Ferner ist eine gleitende Mittelwertbildung möglich. Hierbei erfolgt die Mittelung vor der Berechnung der Augenblicksleistung oder auch danach.

Durch entsprechende Programmierung des Computers ist erreichbar, daß die vielfach unerwünschte Genauigkeit der Messung bezüglich der Erfassung von Harmonischen der Netzfrequenz vermindert und der eines Ferraris-Zählers angenähert wird. Hierzu wird z.B. vom Computer eine Fourier-Transformation (FFT) durchgeführt.

22

2630959

Nach der Berechnung der Augenblicksleistung jeder Phase durch Multiplikation steht als Ergebnis ein Digitalwort zur Verfügung, wobei bei einem Drehstromzähler noch die Werte der drei Phasen zu addieren sind. Zur Ermittlung der Energie ist noch eine Integration über der Zeit erforderlich.

Die verbrauchte Energie wird in einem kumulierenden Zähler erfaßt und auf einer Anzeigeeinrichtung dargestellt. Hierzu sind die bekannten zählenden und speichernden Rollenzählwerke mit Schrittmotorantrieb verwendbar. Es ist aber auch möglich, speichernde elektronische Anzeigevorrichtungen, z.B. elektrochromische oder elektrolytische Anzeigen, einzusetzen. Auch eine normale nichtspeichernde elektronische Anzeige ist möglich, wenn ein nichtflüchtiger Speicher, z.B. MNOS-Speicher, zur Verfügung steht. Wegen der begrenzten Zahl der Schreibzyklen, die ein solcher Speicher durchführen kann, bevor er unbrauchbar wird, wird man nur bei einem erkannten bevorstehenden Netzausfall den zu rettenden Zahlenwert dort einschreiben.

Bei jeder Art einer digitalen Anzeige entspricht ein Sprung in der kleinsten Ziffernstelle einem bestimmten Betrag verbrauchter Energie. Diese Zählimpulse sind z.B. dadurch zu gewinnen, daß der Computer nach Ermitteln der gesamten Augenblicksleistung so viele Perioden einer Referenzfrequenz abzählt, wie es dieser Augenblicksleistung entspricht; diese abgezählten Impulse sind nun direkt oder nach entsprechender Frequenzteilung der Anzeige zuzuführen. Es ist auch möglich, mit dem als Digitalwort vorliegenden Wert der Augenblicksleistung einen programmierbaren Frequenzteiler jeweils umzuschalten, der ständig die Impulse einer Referenzfrequenzquelle durch den programmierten Faktor teilt. Als Referenzfrequenz wird vorzugsweise die Netzfrequenz verwendet; es ist auch möglich, die Taktfrequenz des Computers über eine Phasenregelschleife (PLL) von der Netzfrequenz abzuleiten oder einen Quarz zu verwenden. Der Computer ist durch ein entsprechendes Programm zu veranlassen, bestimmte Zeiten abzuzählen; auch der in vielen Computern enthaltene programmierbare Zeitgeber kann vorteilhaft eingesetzt werden.

Für Prüzfzwecke ist ein besonderer Prüfausgang des Computers vorteilhaft, an dem die verbrauchte Energie mit kürzerer Meßzeit zur Verfügung steht als an dem für die Anzeigevorrichtung bestimmten Ausgang.

Wirtschaftliche Computer arbeiten mit relativ niedrigen Taktfrequenzen und benötigen deshalb, z.B. für Multiplikationen, lange Zeiten. Zur Zeitersparnis beim Multiplizieren ist wieder vom Prinzip des mitlaufenden Analog-/Digital-Wandlers Gebrauch zu machen, indem nicht jedesmal die vollen Werte von Spannung und Strom miteinander multipliziert werden, sondern nur die Differenzwerte zu den vorhergehenden Abtastwerten nach folgendem Schema:

$$u_n \cdot i_n = u_{n-1} \cdot \Delta i + i_{n-1} \cdot \Delta u$$

Ist die Multiplikationszeit bei rein serieller Verarbeitung für eine derartige Anwendung zu lang, so ist stets ein eigenes Parallel-Multiplizierwerk zu verwenden, ohne daß das beschriebene Meßprinzip sich ändern würde.

Ein besonderes Problem ist bei elektronischen Energiezählern die Störsicherheit. Übliche Ferraris-Zähler vertragen außerordentlich hohe Spitzenspannungen an den Eingängen, vielfach überstehen sie Spitzen von mehr als 10 kV. Der als vorteilhaft vorgeschlagene Stromeingang – auch auf der Spannungsseite – erweist sich auch in dieser Hinsicht als günstiger, da geräteseitig praktisch keine Spannungen auftreten, so daß sehr wirksame Schutzmaßnahmen möglich sind.

Bei einem Energiezähler mit einem Computer müssen besondere Vorkehrungen gegen das Eindringen von Störungen in die Elektronik getroffen werden, da ein Störimpuls bei einem Computer nicht nur zu falschen Daten, sondern auch zu einem falschen Befehl führen kann. Auch in dieser Beziehung erweist sich der in der Patent-Anmeldung P 2537545.9 vorgeschlagene Einchip-Mikrocomputer als überlegen, weil die Auswirkungen von Störungen minimal werden, wenn der gesamte Computer auf einem einzigen Halbleiterkristall integriert ist. Störungen wirken dann nur noch auf die Eingänge und Ausgänge des Computers, wobei Störungen an den Eingängen lediglich zeitweise falsche Eingangsdaten erzeugen, aber keinen falschen Programmablauf verursachen.

Die Erfindung soll nachstehend anhand einiger Figuren erläutert werden:

In Figur 1 ist zunächst die weniger vorteilhafte, weil aufwendigere Lösung mit einem zweikanaligen Multiplexer M und zwei Analog-/Digital-Wandlern AD<sub>1</sub>, AD<sub>2</sub> gezeigt. Jeder Multiplexer M hat fünf Eingänge, da jeder der beiden Multiple-

kerkanäle und jeder der beiden Analog-/Digital-Wandler  $AD_1$ ,  $AD_2$  im Hinblick auf ihren Nullpunkt- und Eichungsfehler korrigiert werden müssen. Der Mikrocomputer MC steuert sowohl den Multiplexer M wie die Analog-/Digital-Wandler  $AD_1$ ,  $AD_2$ . Zum Zwecke der Energieberechnung erhält er noch die Referenzfrequenz  $f_{ref}$  zugeführt. Der kumulierte Energieverbrauch wird auf einer Anzeigevorrichtung schließlich angezeigt. In diesem wie in den folgenden Bildern wird angenommen, daß der Mikrocomputer MC auch die erforderlichen Speicher enthält. Dies gilt auch für den mehrfach erwähnten, elektrisch programmierbaren Speicher zur Aufnahme der Korrekturkurven bzw. -werte. Es ist z.B. ein Metall-Nitrid-Oxyd-Halbleiterspeicher (MNOS) verwendbar. Selbstverständlich ist es auch möglich, den Mikrocomputer MC aus mehreren integrierten Schaltkreisen zusammenzustellen; dies ändert nichts am Gedanken der Erfindung.

Ferner ist es nach dem Stand der Technik möglich, die bzw. den Analog-/Digital-Wandler  $AD_1$ ,  $AD_2$  zusammen mit den dazugehörigen Widerständen sowie auch die oder den Multiplexer M zusammen mit dem Computer auf einem einzigen Schaltkreis unterzubringen. Der gesamte elektronische Drehstromzähler besteht dann im wesentlichen aus drei Stromwandlern, einer Widerstandsanordnung (z.B. Dünnfilm- oder Dickschichttechnik), dem Großschaltkreis, der Anzeige sowie der Stromversorgung. Er weist, wie beschrieben, keinerlei abgleichbare oder einstellbare Bauelemente auf.

In Figur 2 ist die vorteilhaftere Lösung mit einem einkanaligen Multiplexer M und nur einem Analog-/Digital-Wandler AD gezeichnet, wobei alle Eingangssignale des Multiplexers M in Form von Spannungen anliegen. Die gezeichnete Reihenfolge der Anschlüsse ist nicht unbedingt identisch mit der Reihenfolge, in der die Eingangssignale von dem Multiplexer M abgetastet werden. Der Computer gibt jeweils die Adresse des gewünschten Eingangs über eine Steuerleitung an den Multiplexer M; die Reihenfolge ist vom gewählten Programm abhängig.

In Figur 3 ist die Schaltung für den Fall gezeichnet, daß alle Eingangssignale des Multiplexers M in Form von Stromsignalen vorliegen.

In Figur 4 sind verschiedene Möglichkeiten aufgezeichnet, die Signale abzutasten und die Augenblicksleistung jeweils zu berechnen; die Figuren 4a, b und c beziehen sich hierbei auf die Messung nur einer Phase, während die Figuren

25

2630959

4d, e und f für die Messung bei drei Phasen gelten.

Die Erfindung läßt sich für eine beliebige Anzahl von Phasen verwenden, z.B. auch für einen sog. Dreileiterzähler, bei dem nur zwei Meßkanäle benötigt werden.

In Figur 4a ist die Abtastung und Interpolation bei der Spannungs- und Strommessung in einem einphasigen Netz gezeichnet: die Indizes bezeichnen die Nummer der betreffenden Abtastung; es werden alternierend der Spannungs- und der Stromeingang abgetastet. Ein erstes Teilprodukt (Augenblicksleistung)  $p_1$  ergibt sich z.B., indem aus den beiden Spannungsabtastungen  $u_0$  und  $u_2$  ein Spannungswert interpoliert wird, der anschließend mit dem Stromabtastwert  $i_1$  multipliziert wird. Ein weiteres Teilprodukt  $p_3$  entsteht z.B. dadurch, daß aus den beiden Spannungswerten  $u_2$  und  $u_4$  ein Wert interpoliert wird, der anschließend mit dem Stromwert  $i_3$  multipliziert wird. Die Gesamtleistung  $P$  ergibt sich für eine bestimmte Zahl von Abtastungen  $n$  zu:

$$P = \frac{2}{n} (p_1 + p_3 + \dots)$$

Hierbei werden  $\frac{n}{2}$  Multiplikationen ausgeführt.

Spannungen und Ströme sind völlig gleichberechtigt und somit vertauschbar.

In Figur 4b ist für den gleichen Fall der alternierenden Abtastung von Eingangsspannung und -strom eine andere Produktbildung beschrieben: aus den vorhandenen Abtastwerten werden nun Teilprodukte  $p_n$  gebildet, wobei abwechselnd die Spannung bzw. der Strom interpoliert wird. Die Leistung  $P$  errechnet sich hier zu:

$$P = \frac{1}{n} (p_1 + p_2 + p_3 + \dots)$$

In Figur 4c ist ein Beispiel für den Fall gezeichnet, daß die Mittelung erst nach der Bildung der Teilprodukte  $p_n$  erfolgt. Die Gesamtleistung  $P$  ergibt sich wie im Fall 4b, jedoch wird hier nur ein Speicher für jeweils nur einen Abtastwert benötigt, weil vor der Multiplikation keine Interpolation mehr erfolgt bzw. kein Mittelwert mehr gebildet wird.

Für alle drei Verfahren gilt:

$$p = \frac{1}{n} (u_0 i_1 + i_1 u_2 + u_2 i_3 + i_3 u_4 + \dots)$$

Für den praktisch wichtigsten Teil der Messung in einem Drehstromnetz ist zunächst in Figur 4d die Abtastung der Phase R, in Figur 4e die Abtastung der Phase S und in Figur 4f die Abtastung der Phase T gezeigt. Hierbei wurde die Abtastfolge:

$$u_R - i_S - u_T - i_R - u_S - i_T$$

vorausgesetzt. Die mit den Teilprodukten  $p_n$  bezeichneten Pfeile geben an, wie diese Teilprodukte entstanden sind.

Eine Vielzahl von Abtastfolgen ist möglich; einige für das erfindungsgemäße Verfahren typische sind z.B.:

$$u_R - i_R - u_R - u_S - i_S - u_S - u_T - i_T - u_T$$

$$u_R - i_R - u_R - i_S - u_S - i_S - u_T - i_T - u_T - i_R - u_R - i_R - u_S - i_S - u_S - i_T - u_T - i_T$$

$$u_R - u_S - u_T - i_R - i_S - i_T$$

$$u_R - i_S - u_T - i_R - u_S - i_T$$

Wie erwähnt, bestimmt der Computer, welches Eingangssignal der Multiplexer M jeweils durchschalten soll, so daß je nach Programm in derselben Schaltung beliebige Abtastfolgen und eine beliebige Art der Auswertung der Abtastungen möglich ist.

Bei dem hier beschriebenen Energiezähler mit Computer ist die Abtastung nach Figur 4a besonders zweckmäßig, weil ein Computer relativ schnell addieren kann, jedoch für eine Multiplikation eine vergleichsweise sehr lange Zeit benötigt; gemäß Figur 4a werden jedoch nur  $\frac{n}{2}$  Multiplikationen ausgeführt.

27

2630959

In Figur 4a - f wurde der Übersichtlichkeit halber die Abtastung des Null- bzw. Referenzpotentials fortgelassen. Je nach der zu erwartenden Drift des Nullpunkts bzw. der Eichung ist nur zu fordern, daß Null- bzw. Eichpotential in ausreichenden zeitlichen Abständen abgetastet und entsprechende Korrekturwerte gebildet und gespeichert werden. Es ist also keineswegs notwendig, in jedem Zyklus zur Abtastung der Eingangsgrößen auch die beiden erwähnten anderen Größen mitzuerfassen.

<sup>28</sup>  
Leerseite

**2630959**

Nummer:

Int. Cl.2:

Anmeldetag:

**26 30 959**

**G 01 R 11/00**

7. Juli 1976

12. Januar 1978

33

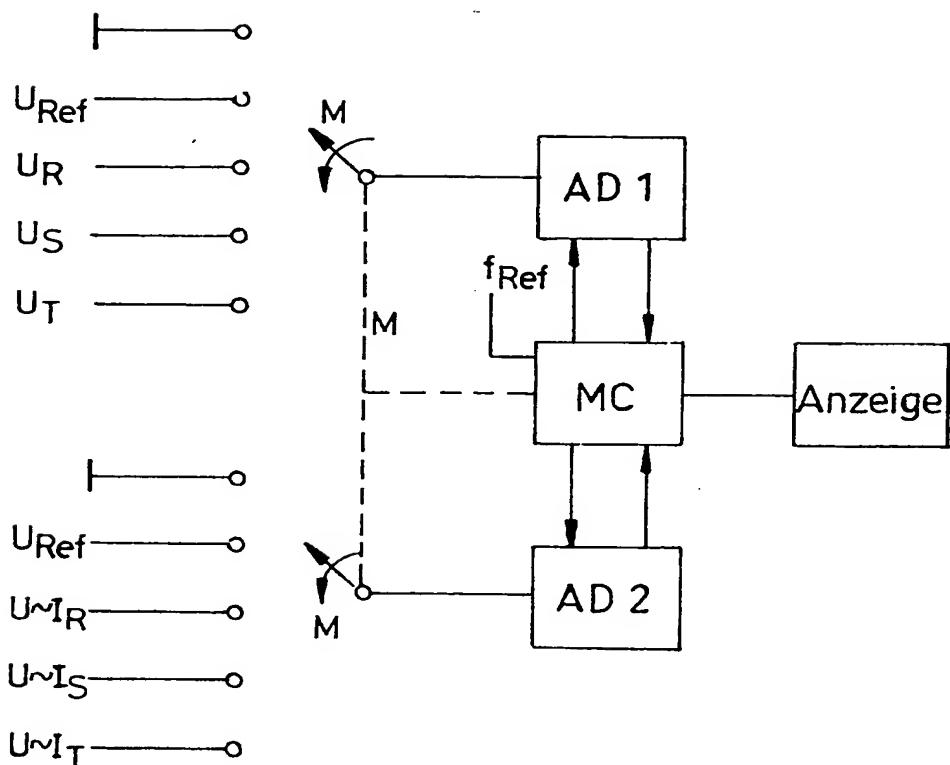


Fig. 1

0509.177

709882/0518

29

2630959

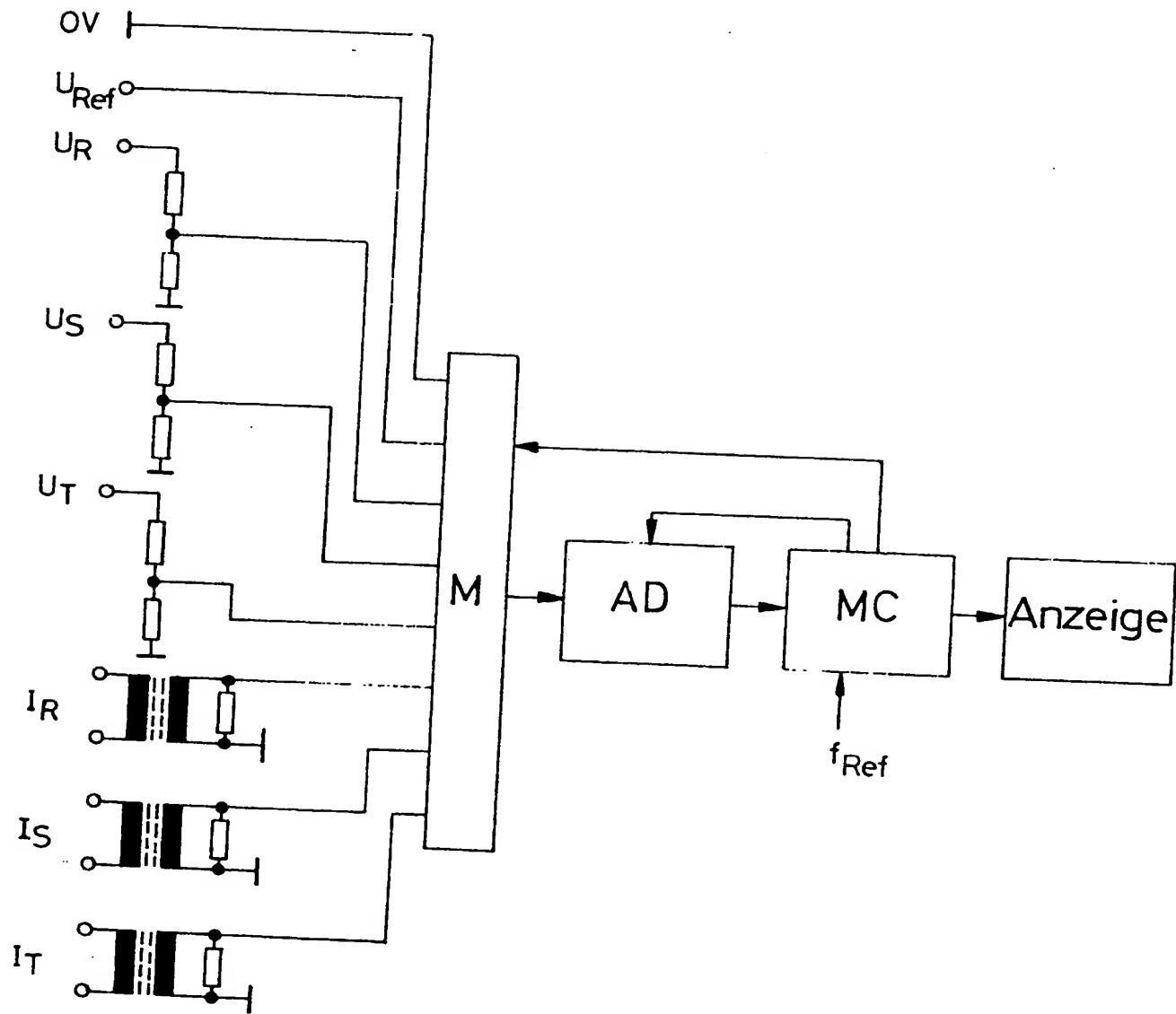


Fig. 2

0509.177

709882 / 0518

30

2630959

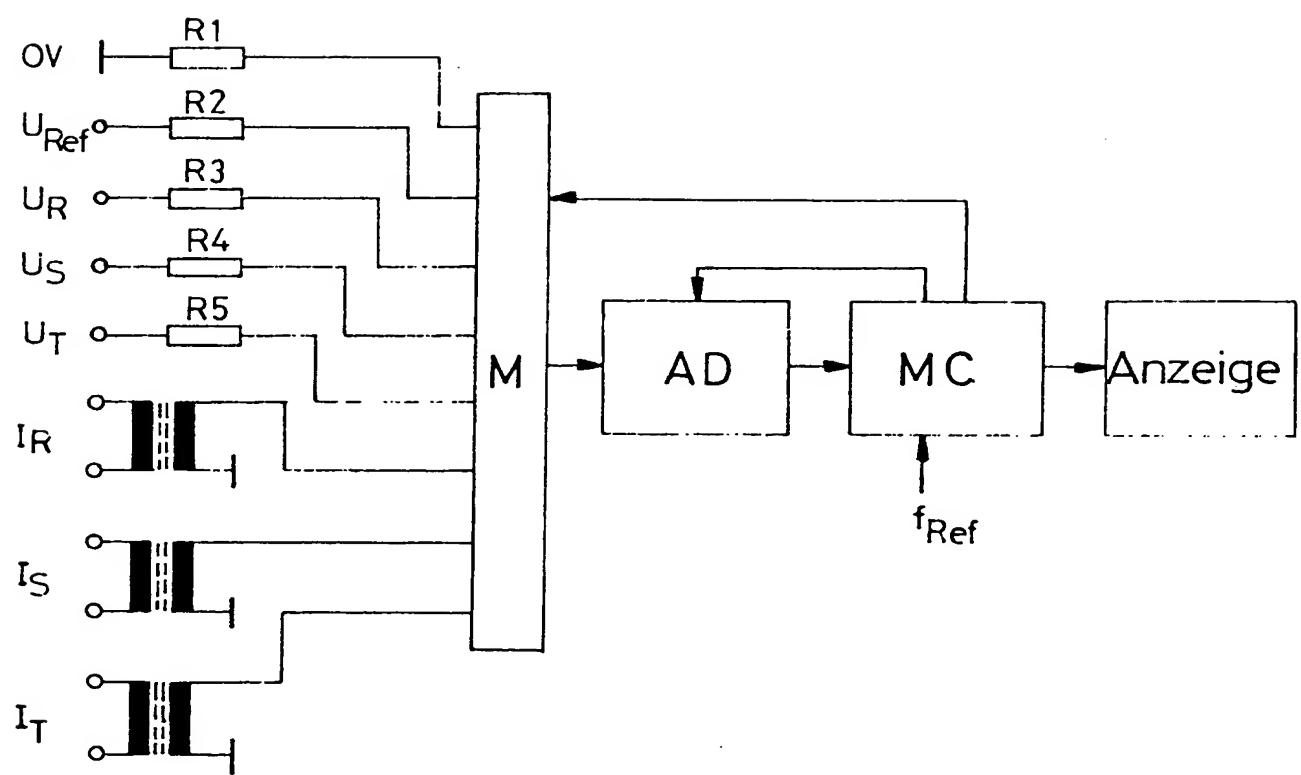


Fig. 3

0509.177

709882/0518

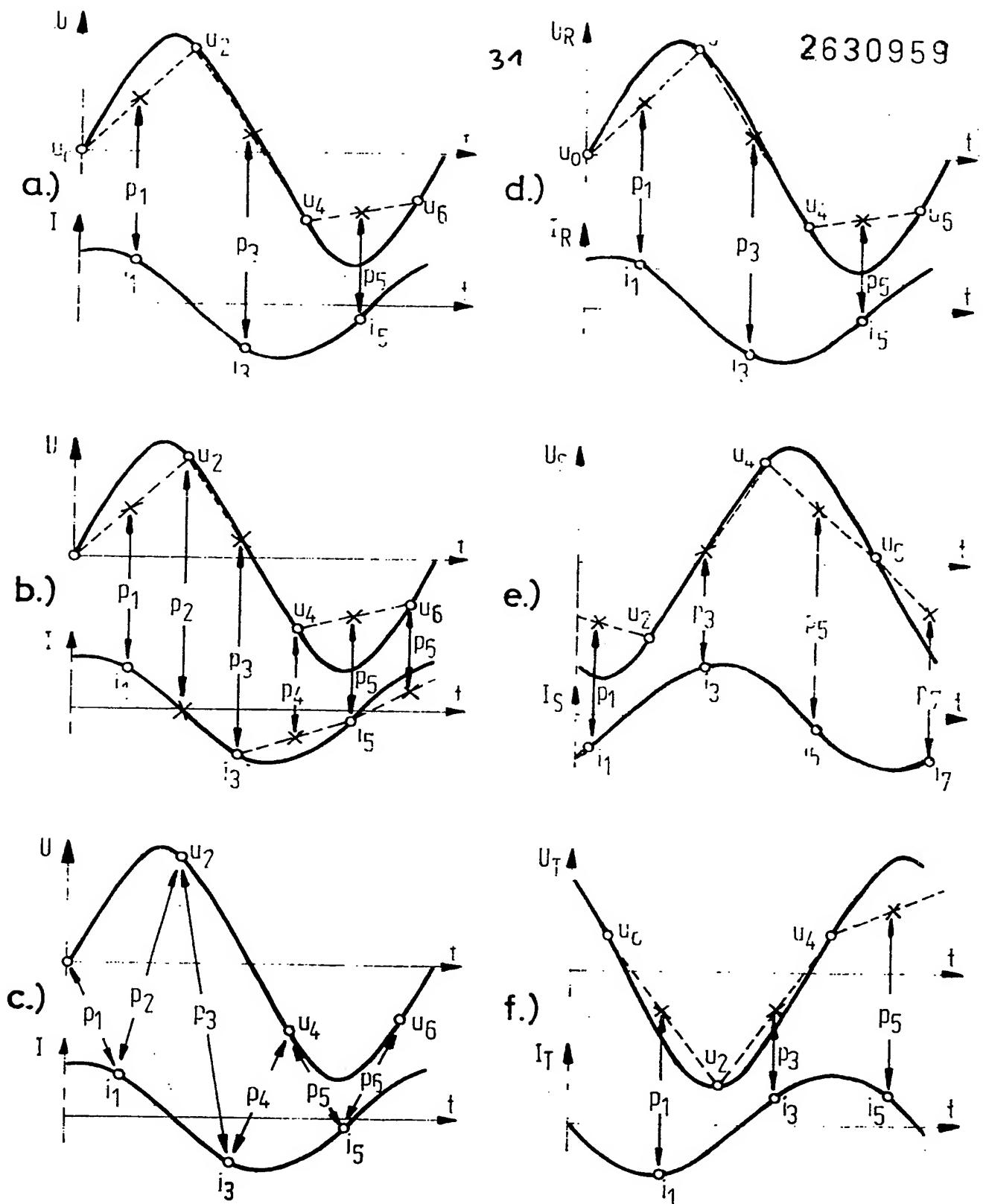


Fig. 4

0509.177

709882/0518

2630959

32

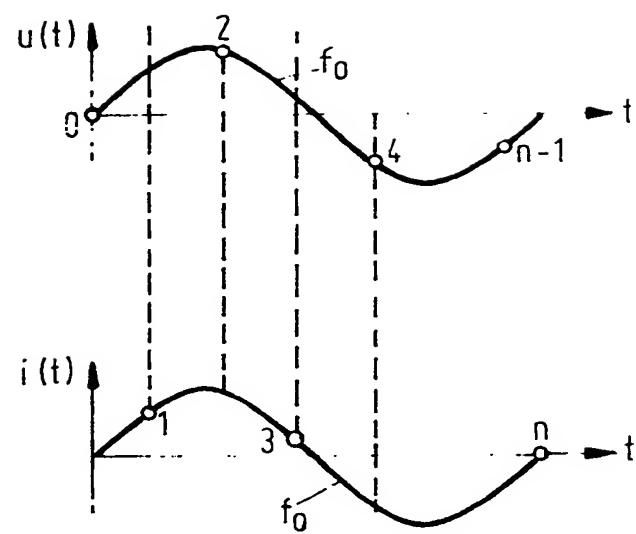


Fig. 5

0509.177

709882/0518

## ELECTRICAL ENERGY METERS

**Patent number:** DE2630959  
**Publication date:** 1978-01-12  
**Inventor:** SEIBT ARTUR DR ING; VIAENE OMER  
**Applicant:** HELIOWATT WERKE  
**Classification:**  
 - **international:** G01R21/133; G01R21/00; (IPC1-7): G01R11/00  
 - **european:** G01R21/133  
**Application number:** DE19762630959 19760707  
**Priority number(s):** DE19762630959 19760707

**Also published as:**

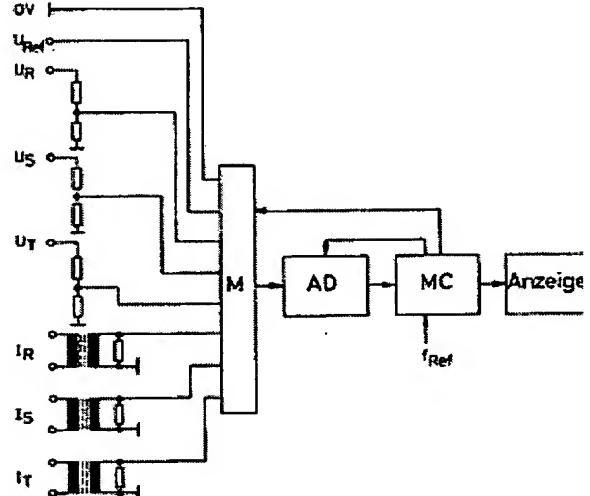
- NL7704500 (A)
- LU77696 (A)
- GB1575148 (A)
- FR2357907 (A1)
- CH623416 (A5)

[more >>](#)
[Report a data error](#)

Abstract not available for DE2630959

Abstract of corresponding document: **GB1575148**

This meter exhibits a measuring mechanism which contains a multiplexer (M), an analog/digital converter (AD) and a computer (MC). The multiplexer samples current and voltage variables at time intervals and its inputs are connected to zero potential and reference potential for correcting calibration errors and for reducing the number of clock cycles of a sampling cycle. The values supplied to the computer (MC) in digital form from the multiplexer (M) and the analog/digital converter (AD) are combined with stored correction values before further processing and stored for calculating the instantaneous power since the associated input variables are sampled successively, and the sampling error is compensated for with the aid of linear interpolation or extrapolation. The instantaneous values obtained in this manner are combined with a reference frequency and supplied to memories with indicating devices.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide